

## LIGHT-EMITTING DEVICE

**Publication number:** JP2002185037 (A)

**Publication date:** 2002-06-28

**Inventor(s):** NISHIDA TOSHIO; KOBAYASHI NAOKI; SAITO HISAO

**Applicant(s):** NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE

**Classification:**

- **international:** H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00

- **European:**

**Application number:** JP20000384801 20001219

**Priority number(s):** JP20000384801 20001219

### Abstract of JP 2002185037 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the light-emitting device of high light take-out efficiency for preventing the emitted light of an LED advancing from a light-emitting layer to a substrate side from being absorbed in the substrate and buffer layer of a band gap smaller than the one of the light-emitting layer. **SOLUTION:** Below the layer 30 of the band gap larger than the band gap of the light-emitting layer 2 between the light emitting layer 2 and an SiC substrate 4, a metal thin film 3 for reflecting the light from the light-emitting layer 2 is partially provided. Below the layer 30 and above the metal thin film 3, a clearance or a transparent insulation film 31 is provided.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-185037

(P2002-185037A)

(43)公開日 平成14年6月28日(2002.6.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テ-マコ-ト<sup>®</sup>(参考)

A 5 F 0 4 1

C

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願2000-384801(P2000-384801)

(22)出願日

平成12年12月19日(2000.12.19)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 西田 敏夫

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 小林 直樹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外2名)

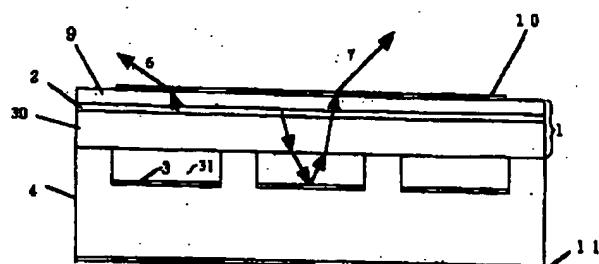
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光装置

(57)【要約】

【課題】発光層から基板側に進行するLEDの発光が、発光層よりバンドギャップの小さい基板やバッファ層で吸収されてしまうのを防止し、光取り出し効率の高い発光装置を実現する。

【解決手段】発光層2とSiC基板4との間の、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層3の下部に、発光層2からの光を反射させる金属薄膜3を部分的に設け、層30の下部でかつ金属薄膜3の上部に空隙または透明絶縁膜31を設ける。



1…LED構造  
2…発光層  
3…金属薄膜  
4…SiC基板  
6…発光層から放出される光の経路  
7…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路  
9、30…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層  
10…上部オーミック電極  
11…下部オーミック電極  
31…空隙または透明絶縁膜

図1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置において、前記発光層と前記基板または前記バッファ層との間の、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、前記発光層からの光を反射させる金属薄膜を部分的に設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項2】前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部でかつ前記金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けたことを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項3】前記発光層はインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうことを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項4】前記発光層はアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なうことを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項5】前記基板が炭化珪素からなり、前記発光層が窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタンゲスタンからなることを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項6】前記基板が6H-SiCまたは4H-SiCからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする請求項5記載の発光装置。

【請求項7】前記基板が窒化ガリウムからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項8】前記基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、前記バッファ層が前記基板上に少なくとも厚さ100nm形成した窒化ガリウムからなり、前記発光層がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタンゲスタンからなることを特徴とする請求項1記載の発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、発光装置である発光ダイオード (Light Emitting Diode。以下、LEDと称する。) のうち、窒化物半導体からなるLEDは、これまで主としてSiC(炭化珪素)基板またはサファイア基板上に形成されてきた。

【0003】特に、SiC基板上に窒化物半導体層を形成する場合は、結晶格子の不一致(すなわち、格子不整合)が3.4%と、サファイア基板上に窒化物半導体層を形成した場合の約13%に比較して大変小さく、また、窒化物半導体層の主な成長方向である六方晶のc軸方向に垂直な面において極性面を有し、窒化物半導体層の成長初期における表面改質の不完全性が無いことから、極めて薄い、言い換えれば極めて高いスループット

により高品質な窒化物半導体層による素子作製が可能となっている。

【0004】例えば、サファイア基板上では、高温において窒化物からなる厚さ4μm程度以上の厚いバッファ層を形成し、低温において結晶核を形成する場合でも、転位密度が $10^9 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高い密度の転位が発光層に存在する。

【0005】これに対して、SiC基板を用いた場合は、該基板上に直接窒化物半導体層を成長することが可能であり、また、短い成長時間で厚さ0.5μm程度の薄いバッファ層を形成する場合でも、転位密度が $10^8 \text{ cm}^{-2}$ 程度と、高品質な成長が可能である。

【0006】SiC基板では、このような結晶品質における利点の他に、サファイア基板が絶縁性であるのに対して、導電性があるので、作製したLEDの電極を基板の裏面、すなわち、基板を載せる台から直接取ができるという利点がある。

【0007】図5は、従来用いられてきたSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造を示す断面図である。

【0008】4はSiC基板、1は窒化物半導体からなるLED構造、2は発光層、30は発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層(すなわち、発光波長に対して透明な層)、9は層30と異なる導電型で、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、10は上部(すなわち、光取り出し側)オーム電極、11は下部オーム電極、6は発光層2から直接上部に放出される光の経路、8は発光層2から放出された後、SiC基板4側で吸収される光の経路である。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のような利点を有するSiC基板であるが、SiC基板の作製技術は、6H-SiCというポリタイプの基板を用いる場合において主として進展してきた。

【0010】6H-SiC基板は、バンドギャップが3.1eVで、導電性を高めるために不純物のドーピングを行なうと着色してしまい、紫外光はもちろんのこと、InGaNを発光材料として用いる青色光に対しても、図5の8に示すように、SiC基板4側に進行した光を吸収してしまう。

【0011】このため、内部量子効率が同等であっても、SiC基板を用いたLEDでは、光取り出し効率が低くなり、サファイア基板を用いたLEDよりも光取り出し効率において劣ってしまう。

【0012】さらに、6H-SiC基板よりもバンドギャップが大きい4H-SiC基板を用いた場合でも、378nmより発光波長が短いLEDにおいては、光の吸収が大きく、紫外光発光LEDの高効率化の課題となっていた。また、360nmより発光波長が短いLEDに

においては、サファイア基板上で通常使用されるGaNからなるバッファ層がやはり光吸収体となり、紫外光発光LEDを実現するための本質的な阻害要因となっていた。

【0013】本発明の目的は、発光層から下側、すなわち、基板側に進行するLEDの発光が、発光層よりバンドギャップの小さい下側の基板やバッファ層で吸収されてしまうのを防止し、LEDの下側に向かう発光をLEDの上面側（光放出面側）に反射させることにより、光取り出し効率の高い発光装置を実現することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、本発明は、基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置において、前記発光層と前記基板または前記バッファ層との間の、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、前記発光層からの光を反射させる金属薄膜を部分的に設けたことを特徴とする。

【0015】また、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部でかつ前記金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けたことを特徴とする。

【0016】また、前記発光層はインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうことを特徴とする。

【0017】また、前記発光層はアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なうことの特徴とする。

【0018】また、前記基板が炭化珪素からなり、前記発光層が窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする。

【0019】また、前記基板が6H-SiCまたは4H-SiCからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする。

【0020】また、前記基板が窒化ガリウムからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする。

【0021】さらに、前記基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、前記バッファ層が前記基板上に少なくとも厚さ100nm形成した窒化ガリウムからなり、前記発光層がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする。

【0022】本発明では、発光層と基板またはバッファ層との間に、発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、金属薄膜を部分的に設けたので、該金属薄膜により発光層からの光を光取り出し側に反射させることができ、発光装置の光取り出し効率を向上させることができる。

【0023】また、金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けることにより、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層と金属薄膜との接触による光吸収を防止し、光取り出し効率をより向上させ

ることができる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、以下で説明する図面で、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

#### 【0025】実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1のSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造を示す断面図である。

【0026】4はSiC基板、1は例えば特願2000-24660に記載されたような発光層を有する窒化物半導体からなるLED構造、2はLED構造1のうちの発光層、30はLED構造1のうちの、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層（すなわち、発光波長に対して透明な層）、9は層30と異なる導電型で、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、10は上部オーム電極、11は下部オーム電極、3はタングステン等からなる金属薄膜（反射層、ミラー）、31は層30の下部でかつ金属薄膜3の上部に設けた空隙または透明絶縁膜、6は発光層2から直接上部に放出される光の経路、7は発光層2から一旦下部の金属薄膜3で反射した後に、上部に放出される光の経路である。

【0027】すなわち、本発明の実施の形態1の構造は、SiC基板4の上部に発光層2を有するLEDにおいて、発光層2とSiC基板4との間の、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層30の下部に、発光層2からの光を反射させる金属薄膜3を部分的に設け、層30の下部でかつ金属薄膜3の上部に空隙または透明絶縁膜31を設けている。

【0028】空隙または透明絶縁膜31は、空隙部か、またはその代わりに光学的に透明で屈折率を除き空隙に等価な透明絶縁膜で構成される。LED構造1のうち、例えば発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層30が金属薄膜3に直接接している構造においては、金属薄膜3と半導体層である層30とのオームまたはショットキー接觸による光吸収が生じる。空隙または透明絶縁膜31は、この光吸収を抑制するためのものである。

【0029】特性的に望ましい構造の一例は、基板がSiC基板4で、発光層2が窒化物半導体からなり、金属薄膜がタングステンからなる構造である。また、基板が6H-SiC基板4で、発光層2がインジウムを含む構造である。

【0030】また、別の例は、特願2000-24660に記載された窒化物半導体LEDの構造で、例えば、n型SiC基板上に、n型AlGaN層、AlGaN多重量子井戸発光層、p型AlGaN層を順に積層したLED構造を形成したものである。

【0031】本実施の形態1のLEDに上部オーム

電極10、下部オーム電極11から通電すると、発光層2において電子と正孔が再結合し、光が放出される（発光再結合と称される）。その際、光は発光層2からほぼ等方的に放出される。発光層2から上方に放出された光のうち、このLEDの外部の屈折率（大気の場合は1、LEDを被覆する樹脂の場合は概ね1.3～1.7）と窒化物半導体の屈折率（概ね2.5）で定まる方向に放出された6で示す光が外部に取り出される。このとき、発光層2よりも上の層に、例えばA1組成が高い等によりバンドギャップの大きい層9等を備えていると、発光層2の上層による光の吸収がほとんど無くなる。さらに、発光層2から下方に放出された光も、7に示すように、発光層2の下側に配置された金属薄膜3により反射されて、6に示した光と同様に上方に進行するため、上方から取り出すことができる。特に、発光層2の下層における光吸収を抑制するために、例えばA1組成が高く、バンドギャップの大きい層30等を備えると効果的である。

【0032】特性的に望ましい構造の一例は、発光層2がインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうか、または、発光層がアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なう構造である。また、基板4が炭化珪素からなり、発光層2が窒化物半導体からなり、金属薄膜3がタンゲステンからなる構造である。また、基板4が6H-SiCまたは4H-SiCからなり、前記発光層がインジウムを含む構造である。さらに、基板4が窒化ガリウムからなり、発光層2がインジウムを含む構造である。

### 【0033】実施の形態2、3

図2は、本発明の実施の形態2のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造を示す断面図、図3は、本発明の実施の形態3のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造を示す断面図である。

【0034】5はサファイア基板、21はGaNからなるバッファ層、22はAlGaN層、23はGaN層である。

【0035】すなわち、本発明の実施の形態2、3の構造は、バッファ層21の上部に発光層2を有するLEDにおいて、発光層2とバッファ層21との間の、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層30の下部に、発光層2からの光を反射させる金属薄膜3を部分的に設け、金属薄膜3の上部に空隙または透明絶縁膜31を設けている。空隙または透明絶縁膜31は、空隙部か、またはその代わりに光学的に透明で屈折率を除き空隙に等価な透明絶縁膜で構成する。特性的に望ましい構造の一例は、基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、バッファ層21が基板上に少なくとも厚さ100nm形成したGaNからなり、発光層2がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物

半導体からなり、金属薄膜3がタンゲステンからなる構造である。

【0036】本実施の形態2、3のLEDに上部オーム電極10、下部オーム電極11から通電すると、図1に示した実施の形態1と同様に、発光層2において電子と正孔が再結合し、光が放出される。その際、発光層2からは光はほぼ等方的に放出される。発光層2から上方に放出された光のうち、このLEDの外部の屈折率と窒化物半導体の屈折率で定まる方向に放出された6で示す光が外部に取り出される。発光層2から下方に放出された光も、7に示すように、発光層2の下側に配置された金属薄膜3により反射されて、6に示した光と同様に上方に進行するため、上方から取り出すことができる。

【0037】本実施の形態2、3では、発光層2の下層側に、GaNバッファ層21とAlGaN層22からなる多層構造を配置している。一般的には、図3の実施の形態3に示すように、GaNバッファ層21に下部オーム電極11を設けることが、素子抵抗の低減のために有利であるが、AlGaN層22とGaNバッファ層21に対するエッチング量を減らし、素子作製のスループットを優先して図2の実施の形態2に示すように、AlGaN層22に直接下部オーム電極11を設けることも可能である。

【0038】また、本実施の形態2、3では、LED構造1を形成する前に、LED構造1を付着しやすくするためにGaN層23を設けているが、作製条件によっては、GaN層23を設けないで、AlGaN層22の上にLED構造1を直接設けることも可能である。

### 【0039】実施の形態4

図4は、本発明の実施の形態4のSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造を示す断面図である。

【0040】本実施の形態4では、図1の実施の形態1において空隙または透明絶縁膜31が無い構造である。本実施の形態4のように、空隙または透明絶縁膜31が無く、LED構造1のうち、発光層2のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層30が、タンゲステン等からなる金属薄膜3に直接接している構造においては、金属薄膜3と半導体層である層30とのオーム接続またはショットキー接觸による光吸収が生じる。このため、空隙または透明絶縁膜31を設けた場合に比較して金属薄膜3による反射率が減少するものの、層30の選択成長などの構造形成を容易に行なうことができるという工業的利点がある。

【0041】上記のように実施の形態1～4では、窒化物半導体LEDで使用されるSiC基板4やGaNバッファ層21による光吸収を抑制し、光取り出し効率を向上させることが可能である。

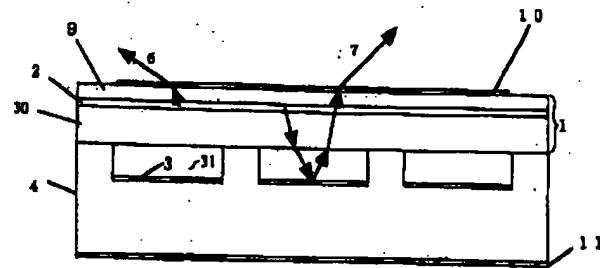
【0042】以上本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるも

のではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。例えば、図1～図4に示した実施の形態1～4のLEDをドーム状の樹脂に埋め込んで方向性に優れた発光を得たり、LEDの周囲に凹面鏡を有するフレームを用いることにより、LEDから横方向に出射した光を凹面鏡で上方向に反射させ、より光取り出し効率の高いLEDを実現することが可能である。もちろん、ドーム状の樹脂と凹面鏡を共用することにより、出射方向制御と光取り出し効率に一層優れたLEDを実現できることは言うまでもない。さらに、紫外線発光LEDを被覆する樹脂の中に、可視光である蛍光を発する蛍光材料を含ませたり、樹脂の下面、中間、上面に蛍光材料を含む膜を形成して白色などより発光波長分布の広いLEDを実現することも容易である。

## 【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、発光層から下側への発光が、発光層よりバンドギャップの小さい層で吸収されてしまうのを防止し、下側に向かう発光を上面側に反射させることにより、光取り出し効率の高い発光装置を提供することができる。

【図1】



- 1…LED構造
- 2…発光層
- 3…金属薄膜
- 4…SiC基板
- 6…発光層から放出される光の経路
- 7…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路
- 9、30…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層
- 10…上部オーム電極
- 11…下部オーム電極
- 31…空隙または透明絶縁膜

図1

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1のSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造断面図である。

【図2】本発明の実施の形態2のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造断面図である。

【図3】本発明の実施の形態3のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造断面図である。

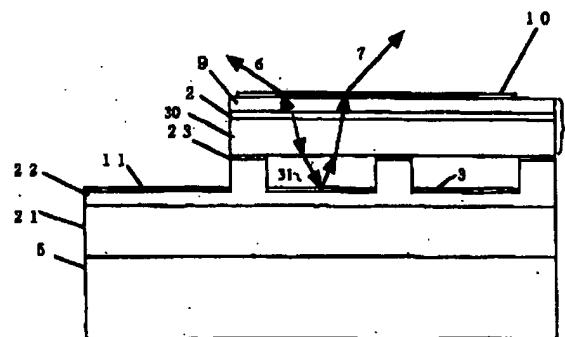
【図4】本発明の実施の形態4のSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造断面図である。

【図5】従来のSiC基板上に窒化物半導体層を成長したLEDの構造断面図である。

## 【符号の説明】

1…LED構造、2…発光層、3…金属薄膜、4…SiC基板、5…サファイア基板、6…発光層から放出される光の経路、7…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路、8…基板側で吸収される光の経路、9、30…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、10…上部オーム電極、11…下部オーム電極、21…GaNバッファ層、22…AlGaN層、23…GaN層、31…空隙または透明絶縁膜。

【図2】



- 5…サファイア基板
- 21…GaNバッファ層
- 22…AlGaN層
- 23…GaN層

図2

【図3】

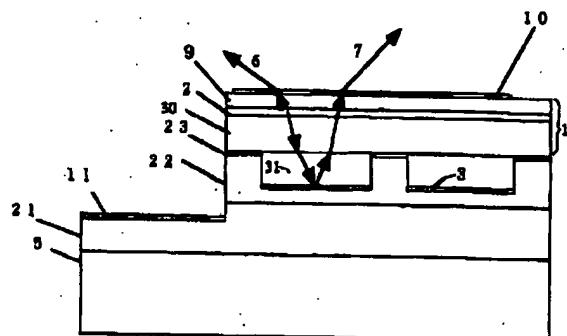


図3

【図4】

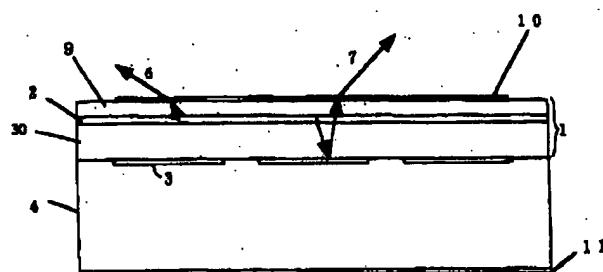


図4

【図5】

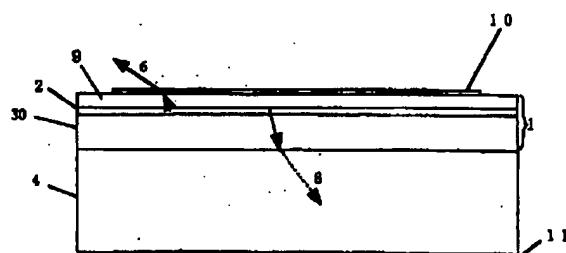


図5

---

フロントページの続き

(72)発明者 斎藤 久夫  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 5F041 AA04 AA11 CA10 CA33 CA34  
CA40 CA46 CB01